

## 分散環境における協調学習を実現するための 学習グループ形成支援システムの研究

関 一也(seki@ics.teikyo-u.ac.jp)  
帝京平成大学大学院情報学研究科

武井 恵雄(takei@ics.teikyo-u.ac.jp)  
帝京大学理工学部

### <あらまし>

協調学習の中心活動は学習者間の対話である。他者と協力して問題解決を行う場面に直面すると、自己の要求を満たす学習相手を選択し、適切な学習グループを形成することが重要となる。コンピュータネットワークを用いた分散環境は、実世界のface-to-face環境に比べて相互の意志疎通を十分に行うことが困難なので、学習相手の選択を助ける支援機構が必要である。本論文では、分散型の協調学習支援システムにおいて、学習グループの形成に学習者の意志の反映を可能にするシステムを構築し、学習者の意志の反映が学習効果の向上に繋がること、特に、学習者の"嗜好性"に基づく学習相手の選択を許すことが重要であることを示す。

## Group-Formation-Support-System to realize Collaborative Learning in the Distributed Processing Environment

Kazuya SEKI(seki@ics.teikyo-u.ac.jp)  
Graduate School of Informatics,  
Teikyo Heisei University

Shigeo TAKEI(takei@ics.teikyo-u.ac.jp)  
School of Science and Engineering,  
Teikyo University

### <Abstract>

The central activity of the CSCL(Computer Supported Collaborative Learning) lies in the interactive communication among the learners. In the case that a learner feels difficult with an exercise, one would ask for partners with whom one is able to discuss or collaborate. In contrast to the face-to-face environment of the real world, as the natural communication between learners is difficult in the network environment composed of the many distributed computers, so the any supporting system is required to access the learning partners easily. We made a collaborative learning system which supports group-formation of the learners in the distributed environment. The system is designed to offer facilities for the study of various types of learning and for the testing their resultant efficiency. It is distinct from the former studies that the system allows for the learner to choose one's partner without restriction. It is pointed out that the learner's preference is important in the formation of the learning group.

## 1 はじめに

近年、教育システムにおける新しいアプローチとして、分散環境での協調学習を支援するCSCL(Computer Supported Collaborative Learning)の研究が活発に行われている[1]。そこでは、学習者が知識を構成する過程における社会的な相互作用を重視したシステムの開発が中心である。具体的には、コンピュータネットワーク上に仮想的なface-to-faceの場を実現し、その上での協調学習を支援する環境を構築するものである。

このような協調学習環境を実現するには、どのような学習者と組めば効果的な学習を行うことができるのかという学習グループ形成の問題を解決する必要がある。

従来の学習グループ形成の研究[2][3]では、システムが学習者の知識状態や学習状況を学習者モデルによって同定し、それに基づいて適切な学習者を組み合わせる方法が取られて来た。しかしながら、このような方法で形成される学習グループは、知識の獲得や強化、洗練化という知識レベルの学習目標を満足するものであるが、知識の伝達に必要な学習者間の対話を活発に、且つ円滑に行うことができるかまで考慮されていない。

そこで、学習グループの形成時に生じる誰と組みたいか、誰と一っしょに学習したいかという学習者の意志が協調学習の効果に及ぼす影響を子細検討したり、学習者同士の振る舞いを自然な形で提供できる仕組みを実現する必要がある。

本稿は、強制的な協調学習の場を学習者に与えるのではなく、学習者が自己の意志に基づいて学習グループを形成できる一手法を提案する。

## 2 協調学習の基本概念

### 2.1 協調学習の定義

学習形態を大きく分けると、個別学習、協調学習(グループ学習)、クラス学習がある[4]。それらは次のように示されている。個別学習は学習者が1人で学習する形態であり、クラス学習はクラス(学校教育で用いられている学級)の構成員が一斉に学習する形態である。さらに、協調学習者はクラス学習の対

象とする大規模な集団よりも比較的小規模な集団の構成員が共通の問題を協力して行う形態である。本研究では、個別学習、小集団(学習グループ)による協調学習を支援対象とする。

### 2.2 協調学習に求められる学習効果

一般に、協調学習には次のような学習が期待できる[4]。

1. 自己の考えを表出することにより、より確かなものに行うことができる。
2. 自己の考えを集団の中に出すことによって、深く考えるきっかけを作ることができる。
3. 自己の考えと他者の考えを比較することができる。
4. 他者の考えを自己の考えに取り入れ、新しい考えを持つことができる。
5. お互い考えを出し合っている中でそれまで気が付かなかった新しいことに気付くことができる。
6. 対話の過程で、自己の考えの根拠や筋道を確かなものに行うことができる。

そして、このような学習を通して学習者は、

1. 個人の個性や態度
  - ・ 協調学習に主体的に参加することで自主性が育成される。
2. 人間関係や社会性
  - ・ 学習者同士の理解を深め協力する態度が育成される。
3. 問題の解決や理解度
  - ・ 協調学習で学習の行き詰まりが解消される。
  - ・ 協調学習で学習内容がさらに深まる。

このように協調学習では、学習者が知識を教授されるだけでなく、自己の考えを他者に表出したり、自己と他者の考えの相違を認識することでより主体的な学習をすることができる。

## 3 学習グループの形成

分散環境において、どのような学習グループを形成すればより学習効果があるものになるか検討する前に、実際の教育現場で見られる学習グループの形成を概観する。

実際の教育現場を想定してみると、様々な学習グループを形成し協調学習が行われている。そしてそれらは、学習グループの構成員(学習者)がどのように選択されたかにより大別できる。1つは、学習者間の相互的な関係とは独立に、教師が学習グループの構成員として学習者を選択するものである。この場合、教師が各学習者の知識レベルや学習状況を十分把握し、それに応じて学習グループを形成する時もある。すなわち、このように形成する学習グループは、学習者の選択において、学習者が全く関与しないので"教師による学習グループ"と呼ぶことができる。もう1つは、自己と他者の相互的な関係に基づいて、学習者が学習グループの構成員として他者を選択するものである。この場合、学習者は自己の要求を満足でき、且つ対話を行い易い仲間学習者を選択し、学習者相互の交渉により合意が得られると学習グループの形成となる。すなわち、このように形成する学習グループは、学習者の選択において、学習者が積極的に関与するので"学習者による学習グループ"と呼ぶことができる。

本研究は、コンピュータネットワークを利用した分散型協調学習環境の知的支援として、学習者間の交流を支援する学習グループ形成の機能の実現を目的としている。そして、協調学習の学習グループとして、

1.学習者が学習者相互の関係に基づいて選択できること(嗜好性)。

2.学習の進展が可能であること(有益性)。

を考慮した"学習者による学習グループ"の形成を支援する。それは、協調学習の中心活動が学習者間の相互作用であるため、学習者を強制的に組み合わせる"教師による学習グループ"よりも自然な学習環境が提供できると考えているためである。そして"嗜好性"を許すことで、学習者間の対話が活発になり協調学習の効率が向上する。また"有益性"を含むことで、学習者と学習グループ全体が調和の取れた学習効果を期待することができる。

#### 4 協調学習支援システム

これまで行われて来たCSCLの研究を概観すると、その教育的な目的から2つのアプローチに大別できる。すなわち、課題に関する知識獲得を主眼におくシステムの研究と、学習者間の相互作用を促進することを主眼におくシステムの研究である[1]。前者は、ITS(Intelligent Tutoring System)の研究領域で行われている学習者モデリングの技術を活かし、学習者の知識状態や学習状況をモニタリングする。そして、それに基づく協調学習の場を提供することでPeerTutoringの効果を期待するものである(知識獲得重視型アプローチ)。後者は、協調学習の中心である他者との相互作用を重視し、協調活動それ自体に学習者を強く関与させる。そして、学習者は他者と相互作用することで自己および他者をモニタリングする能力などを獲得することを目指すものである(相互作用重視型アプローチ)。さらに、それぞれのアプローチは協調学習のプロセスに直接関与するものと、協調学習のプロセスに関与せず協調学習の目的レベルで限定的に関与するものに分けられる[1][3]。

上記の分類に従うと、本研究は協調学習のプロセスに関与せず、仲間学習者による知識の教授を期待していることから、協調学習目的レベルで限定的に関与する知識教授型アプローチに属する。このようなアプローチで研究されているシステムとして既に、FITS/CL(Framework for ITS/Collaborative Learning)、GRACILE(GRAMmar Collaborative Intelligent Learning Environment)が提案されている。

FITSは、学習者の理解状態に応じた個別学習支援を基本機能としている。そして、個別学習により構築された学習者モデルにおいて学習の行き詰まりを検出すると、それを回避するための適切な学習グループと学習目的、環境を設定して協調学習へ移行する。学習グループの形成は、それぞれの学習者を担当するシステムが、学習者の理解状態や学習履歴などの情報を下に交渉を行い、学習者の利益を満たし、且つ学習グループ全体として調和の取れた学習形態となるように学習相手を選択する[3]。またGRACILEは、ネットワーク環境における複数の学習者の日本語協調学習環境を支援する。システム

は、学習者が指定した対話状況における日本語表示や学習者が作成した日本語文の解析を行うドメインエージェントと、学習者の能力把握と学習者間の協調作業の円滑化をはかりより積極的な学習を促進するメディアエージェントによって構成されている。学習グループの形成は、メディアエージェントが学習者の能力と要求を考慮し適切な学習相手を選択する[2]。

上述の研究はどちらもマルチエージェントシステムの枠組を利用した協調学習支援システムであり、学習グループの形成においては、学習者が積極的に関与せずエージェントの自律的な振る舞いやエージェント間のコミュニケーションによって行われている。すなわち、「教師による学習グループ」を協調学習の場として提供している。

## 5 本研究のアプローチ

本研究は、協調学習における学習グループを学習者の「嗜好性」という観点から捉え、それを許すことができる協調学習支援システムの構築を目指す。システムの目的は、学習者の直面している学習の行き詰まりを強制的な協調学習の場で解消するのではなく、学習者同士の活発な対話や円滑な学習進行が期待できる学習環境を提供することである。そのためには、学習グループ形成時に生じる学習者の意志を反映することができる仕組みを取り入れる。

### 5.1 学習環境

協調学習支援システムが学習者に提供する学習環境は、学習者が1人で学習する「個別学習環境」と、複数の学習者が学習グループの中で協力して問題解決を行う「協調学習環境」である。学習者は必要に応じて、この2つの環境を変化させ学習することができる。そこで、このような学習環境を子細に示すため、システム設計に必要な3つのモジュールを示す。

#### 1. 個別学習環境

学習者は自分の能力に合わせて、各問題を自由に参照して自主的に学習する。学習目標は教師が提示した問題を時間内に全て行うことである。個別学習環

境ではNeXT社WorkStation上で動作する種々のツールが利用可能であり、学習者は必要に応じて任意のツールを使う。

#### 2. 学習グループ形成のための交渉

この系はさらに、相手学習者の選択、交渉、介入と3つの段階に分けて示す。

##### 2.1 学習相手の選択

学習者は、学習の行き詰まり解消や問題解決過程の確認など学習を進めて行く上で他者の援助が必要になった時、それを満足できる学習者を選択して、学習グループの形成を他者に要求する。

##### 2.2 交渉

学習グループを形成するために、学習者は他者と交渉を行う。学習者は自己の意志を「合意」、「非合意」、「譲歩」によって表わし他者に伝える。

##### 2.3 介入

学習グループの形成を要求した学習者の行き詰まりの解消や問題解決過程の確認を行える学習相手を選定し、強制的に学習グループを形成する。

### 3. 協調学習

学習グループを構成する複数の学習者が協力して問題解決を行う。学習目標は協調学習への移行のトリガとなった学習者の要求を満足することである。協調学習環境では、学習者同士が対話(議論)を行い、また対話の内容をメモしたり吟味する。

## 5.2 学習者の状態遷移

5.1であげたモジュールを学習者が学習行為の中で取り得る状態として、その遷移を表現したものを図5.1に示す。

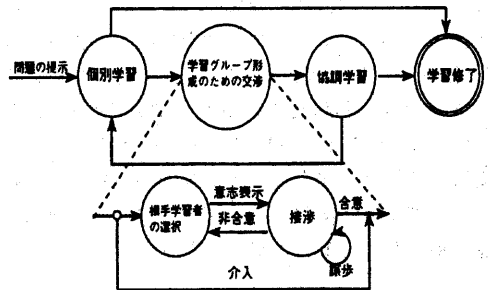


図5.1 学習者の状態遷移図

## 6 システムの開発環境

著者の所属する帝京大学理工学部情報科学科武井研究室の計算機環境は、以下のように構成されている。

### 1. ハードウェア

- ・ NeXT社 WorkStation(6台)
- ・ DEC社 DOS/V機(3台)

### 2. ソフトウェア

- ・ NeXT社 NEXTSTEP 3.0J,3.2J
- ・ ネットワーク

### 3. 基幹ネットワーク

- ・ 100Mbps FDDI
- ・ クラスタ内接続 10Mbps Ether(10base5-2-T)

本研究におけるシステム開発は、NEXTアプリケーション開発環境(NEXT Developer)を使用して進めている。NEXT Developerはオブジェクト指向開発モデルとアーキテクチャを中心にして設計された開発環境である。また、この環境で使用できる言語はObjective-C、C++、ANSI-Cと複数あり、これらを混在させてアプリケーションを開発することも可能である。ここでNEXT Developerの特徴を簡単に説明すると、

- (1)オブジェクトアプリケーションにアSEMBルするための、使いやすいグラフィカルツールセットが用意されている。
- (2)アプリケーションレイアウトのためのビジュアル環境が用意されている。
- (3)分散処理、共有オブジェクトサービス、およびアプリケーション間通信を可能にする"分散オブジェクト"がサポートされている。

本研究では特に、(3)の分散オブジェクトを使ってシステムを開発している。この機構を用いること、Unix環境で知られているTCP/IPを意識したSocket通信よりも上位層(アプリケーション層)でアプリケーション間の通信を確立することができる。すなわち、伝送路も含めた全てのモデルがオブジェクトとして表現できる。

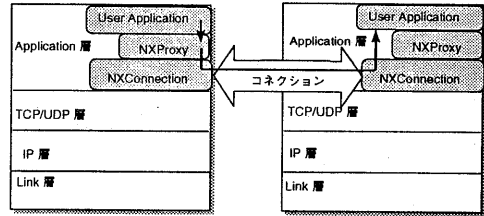


図6.1NEXTSTEPにおける分散オブジェクトシステム

## 7 システムの実装

現在開発を進めている協調学習支援システムの全体像を示す。特に、本論文の焦点である学習グループ形成の支援機能を中心に述べる。

### 7.1 問題の提示

学習者に提供する学習教材は、WWW(World Wide Web)上のHTML(HyperText Markup Language)を記述言語に用いて作成する。学習問題は「問題識別番号」、「問題内容」、教師が予め付与した「教材内のリンク」により構成されている。

#### 1.問題識別番号

各問題に4桁の数字を割り当て表現する。上位2桁は学習科目を識別し、下位2桁は学習科目の中の学習項目を識別するものである。

#### 2.問題内容

本稿に例として載せた問題は、本大学1年次の必修科目であるC言語についての内容である。

#### 3.教材内のリンク

現在は、学習者が個別学習中に問題解決に必要なとなる予備知識を"ヒント"という形で提供し参照できるようになっている。今後、関連する問題などの相互参照ができるようにする予定である。

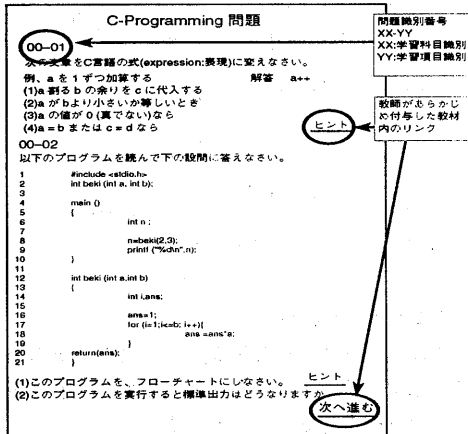


図7.1提示する教材の例

## 7.2 学習グループ形成支援

### 7.2.1 学習グループの形成要求とその応答

本システムは、学習グループの形成を要求するためのWindowと、他者の要求に応答するためのWindowを提供する。

#### ・学習グループの形成要求

学習者は、学習の行き詰まり解消や問題解決過程の確認など学習を進めて行く上で他者の援助が必要になった時、それを満足できそうな学習者を選択して、学習グループの形成を他者に要求する。要求は"リクエスト作成Window"によって行う。リクエスト作成Windowは次の要素で構成されている。

#### 1.学習者の選択

学習者の選択は、次のどちらかの方法で行うことができる。

(a)特定の学習者を選択する。

下記の「学習者名の記入」で示記された学習者に学習グループの形成を要求する。

(b)全ての学習者を選択する。

システムを用いて学習する全ての学習者に学習グループの形成を要求する。

#### 2.履歴参照

過去に行った協調学習の内容と、その時形成した学習グループの構成員を参照することができる。履歴は個人履歴とクラス履歴がある。

#### (a)個人履歴

過去に自分がどのような学習グループの形成を要求したか(されたか)、またどのような協調学習を行ったか参照できる。

#### (b)クラス履歴

過去にシステムを用いた学習で、どのような学習グループの形成が要求されていたか、またどのような協調学習が行われていたか参照できる。

#### 3.学習者名の記入

「学習者選択」において"特定の学習者を選択する。"を選んだ時のみ有効となり、学習グループの形成を要求したい学習者名を記述する。

#### 4.問題識別番号の記入

問題解決において、他者の援助を必要としている問題の識別番号を記述する(識別番号の詳細は7.1参照)。

#### 5.要求内容

学習の行き詰まりや問題解決過程の確認内容を具体的に記述する。

#### 6.介入依頼ボタン

学習グループを形成する全ての過程をシステムが行う。これにより、強制的に学習グループが形成されて協調学習へ移行する。

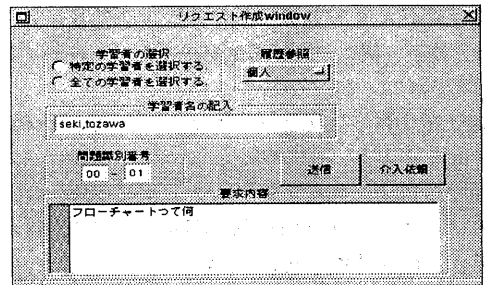


図7.2 リクエスト作成Window

#### ・応答

他者の要求は"リクエスト表示Window"によって知らされる。リクエスト表示Windowは次の要素で構成されている。

#### 1.学習者名

学習グループ形成を要求した学習者名が表示される。

## 2.問題識別番号

学習グループ形成を要求した学習者が、援助を必要としている問題の識別番号が表示される。

## 3.要求内容

学習の行き詰まりや問題解決過程の確認内容が、具体的に表示される。

## 4.合意ボタン

要求を満たすことができると判断した場合選択する。これにより、学習グループが形成されて、協調学習を開始することができる。

## 5.非合意ボタン

要求を満たすことができないと判断した場合選択する。これにより、学習グループの形成要求を拒否することができる。

## 6.譲歩ボタン

現在の要求は満たすことができないが、要求内容を修正することで満たすことができると判断した場合選択する。これにより、学習グループの形成を要求した学習者は妥協案を提示することができる。

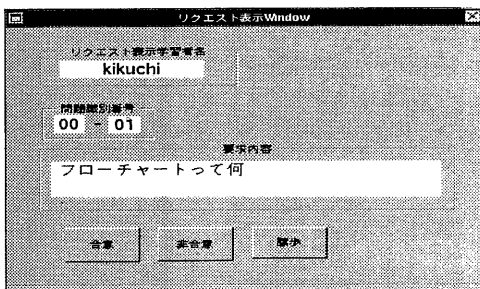


図7.3 リクエスト表示Window

### 7.2.2 履歴データの構成

履歴データは"リクエスト作成Window"、"リクエスト表示Window"の情報を記録である。データは次の7つの要素で構成されている。

- 1.学習グループの形成を要求した(要求された)日付(例 10月24日→1024)
- 2.学習グループの形成を要求した学習者名(LoginName)
- 3.学習グループの形成を要求された学習者名(LoginName)
- 4.学習グループの形成要求に対する応答(合意(Yes)/

非合意(No))

5.問題識別番号(詳細7.1参照)

6.要求内容(学習の行き詰まりや問題解決過程の確認内容)

7.要求内容の解消/非解消(yes/no)

## 7.3 介入

学習グループの形成を要求している学習者が、リクエスト作成Windowの"介入依頼ボタン"を選択すると、要求を満たすことができる学習者をシステムが同定し、強制的に学習グループを形成する。具体的なシステムの学習者選択は、クラス履歴のデータを用いて、過去に学習グループを形成したことがあるか、協調学習により学習の行き詰まりを解消したことがあるかを考慮している。

## 7.4 協調学習環境

協調学習を行っている学習者が対話するための機能として**Communication Window**を、対話内容や学習内容をメモし吟味するための機能として**Editor Window**を提供する。

## 7.5 システムの振る舞い

システムを用いた協調学習環境の全体像を図7.4に示す。

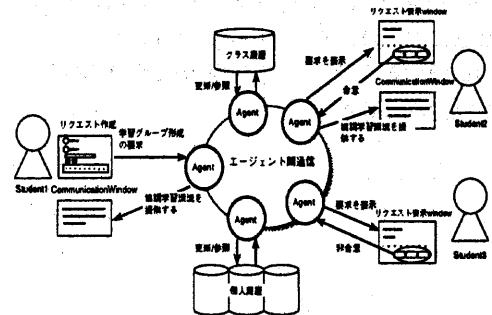


図7.4 協調学習環境の全体像

## 8 まとめ

本稿は、分散環境での協調学習支援システムにおいて、協調学習の場である学習グループに学習者の

"嗜好"を許し、且つ学習の"有益"を考慮した学習グループ形成支援システムについて述べた。従来の学習グループ形成の支援では、システムが学習者の知識状態や学習状況に応じて適切な学習グループを与える方法であったが、本研究で開発しているシステムでは、学習相手を学習者自身が選択できる機能を提供しているため、協調学習への移行を望む学習者が、自分の好む相手と学習できる。これにより学習グループは、協調学習を強制的に行う場ではなく、学習者が十分な対話を相互に行うことのできる学習環境となる。

また本稿と平行して、TV会議システムを併用する予備的な実験を行っている。その中間的な結果からも、学習仲間の選択の自由度が学習効果に大きな影響をもたらすことが見て取れる。この調査については、別稿で報告する予定である。

#### 参考文献

- [1]稲葉 晶子,分散環境における議論支援のための協調モデルの研究,電気通信大学大学院情報システム学研究科博士後期課程学位論文,1997
- [2]玉置 亮太,アヤラ ヘルルド,矢野 米雄,日本語協調学習環境GRACILE-ソフトウェアエージェントのコミュニケーション-,信学技報ET95-125(1996-03),pp101-107
- [3]池田 満,呉 昌豪,溝口 理一郎,協調学習支援のモデル-Opportunistic Group Formation-,電子情報通信学会論文誌,VOL.J80-D2,No4,pp874-883,1997
- [4]岡阪 慎二,グループ学習の技術,授業技術文庫(10),pp57-64,1991